



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 27 026 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁸:
G 02 B 6/42
G 02 B 6/43
H 01 L 33/00
H 01 S 3/025
H 01 L 31/0232

②1 Aktenzeichen: 195 27 026.6
②2 Anmeldetag: 24. 7. 95
④3 Offenlegungstag: 6. 2. 97

DE 195 27 026 A 1

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

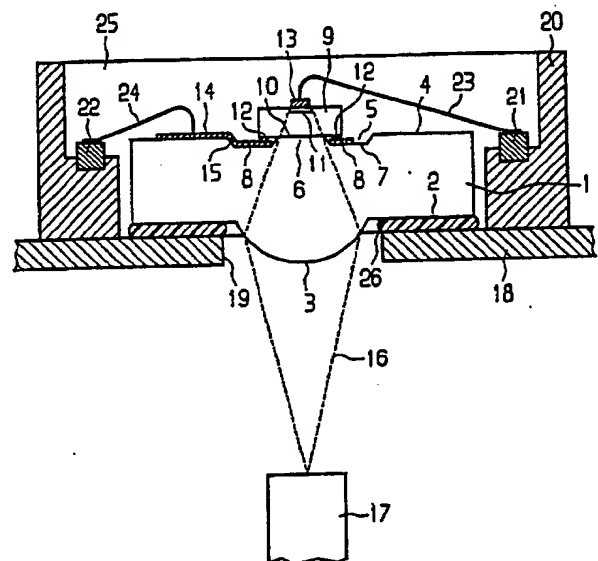
⑦2 Erfinder:
Späth, Werner, Dipl.-Phys., 83607 Holzkirchen, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 44 18 563 C1
DE 43 23 681 A1
DE 43 13 486 A1
EP 04 12 184 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Optoelektronischer Wandler und Herstellungsverfahren

⑤7 Der erfindungsgemäße optoelektronische Wandler enthält ein Strahlung aussendendes und/oder empfangendes Halbleiterbauelement (9), das auf einer Trägerplatte (1) derart befestigt ist, daß seine Strahlenaustrittsfläche bzw. -eintrittsfläche (10) dieser Trägerplatte (1) zugewandt ist. Die Trägerplatte (1) besteht aus einem Material, das für die Strahlung durchlässig ist. Auf der Trägerplatte (1) ist zusätzlich ein Mittel zur Fokussierung der Strahlung, beispielsweise eine Sammellinse (3) oder ein diffraktives optisches Element, angeordnet. Der optoelektronische Wandler zeichnet sich insbesondere durch geringe Reflexionsverluste und einfache Montage aus. Eine Vielzahl solcher Wandler können als Einheit gefertigt und anschließend zerteilt werden.



: 195 27 026 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf einen optoelektronischen Wandler mit einem Strahlung aussendenden und/oder empfangenden Halbleiterbauelement, einer Trägerplatte und einem Mittel zur Fokussierung einer von dem Halbleiterbauelement ausgesandten bzw. empfangenen Strahlung.

Ein solcher Wandler ist beispielsweise aus EP 412 184 B1 bekannt und in Fig. 5 dargestellt. Der Wandler nach Fig. 5 ist eine Strahlungsdetektoranordnung und enthält ein Detektorbauelement 32, beispielsweise eine Fotodiode, einen gemeinsamen Träger 33, einen Isolierkörper 34, ein Befestigungsteil 35, einen Linsenträger 36 und eine Linse 37 zur Fokussierung der vom Detektorbauelement 32 empfangenen Strahlung. Das Detektorbauelement 32 ist mit seiner Unterseite auf dem Isolierkörper 34 befestigt, der wiederum auf dem gemeinsamen Träger 33 befestigt ist. Das Befestigungsteil 35 ist neben dem Isolierkörper 34 auf dem gemeinsamen Träger 33 angeordnet. Auf dem Befestigungsteil 35 ist mittels einer Befestigungsschicht 38 der Linsenträger 36 mit der Linse 37 fixiert, derart, daß sich die Linse 37 über der Strahleneintrittsfläche des Detektorelements 32 befindet.

Die Montage der einzelnen Bestandteile eines derartigen optoelektronischen Wandlers ist sehr aufwendig. Sie erfordert eine große Zahl von Verfahrensschritten und die Justage der Linse 37 ist sehr schwierig. Außerdem können aufgrund des Luftspaltes zwischen der Linse 37 und dem Detektorbauelement 32 große Reflexionsverluste auftreten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen optoelektronischen Wandler der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß er sich auf einfache und kostengünstige Weise in großen Stückzahlen herstellen läßt.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Trägerplatte aus einem Material besteht, das für die Strahlung durchlässig ist, daß das Halbleiterbauelement auf der Trägerplatte derart befestigt ist, daß die Strahleneintritts- bzw. -eintrittsfläche des Halbleiterbauelements der Trägerplatte zugewandt ist und daß das Mittel zur Fokussierung der Strahlung auf der Trägerplatte angeordnet ist.

Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 7. Bevorzugte Verfahren zur Herstellung des optoelektronischen Wandlers sind Gegenstand der Ansprüche 8 und 9.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Fig. 1a bis 4 näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1a eine schematische Darstellung eines Schnittes durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen optoelektronischen Wandlers,

Fig. 1b eine schematische Darstellung der Draufsicht der Trägerplatte des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Schnittes durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen optoelektronischen Wandlers,

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Schnittes durch ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen optoelektronischen Wandlers,

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Verfahrensschritte zur Herstellung eines optoelektronischen Wandlers gemäß Ausführungsbeispiel eins oder zwei,

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Schnittes durch einen optoelektronischen Wandler nach dem Stand der Technik.

Der optoelektronische Wandler nach Fig. 1a ist auf einer Trägerplatte 1 aufgebaut und enthält, ein Strahlung aussendendes und/oder empfangendes Halbleiterbauelement 9 und eine Sammellinse 3 mit einer sphärischen oder einer asphärischen Oberfläche. Das Halbleiterbauelement 9 ist beispielsweise eine Leuchtdiode, eine Fotodiode oder ein Vertical Cavity Surface Emitter Laser (VCSEL). Die Trägerplatte 1 besteht beispielsweise aus Glas, Kunststoff, Saphir, Diamant oder aus einem Halbleitermaterial, das für die von dem Halbleiterbauelement ausgesandte bzw. empfangene Strahlung durchlässig ist. Für Wellenlängen $\lambda > 400$ nm kann beispielsweise SiC, für $\lambda > 550$ nm GaP, für $\lambda > 900$ nm GaAs und für $\lambda > 1100$ nm Silizium verwendet werden. Auf der Unterseite 2 der Trägerplatte 1 ist die Sammellinse 3 ausgebildet. Auf der Oberseite 4 weist die Trägerplatte 1 eine trapezförmige Vertiefung 5 auf, die in Draufsicht (Fig. 1b) auf die Oberseite 4 der Trägerplatte 1 betrachtet, die Form eines rechteckigen oder quadratischen Rahmens hat. Innerhalb dieses Rahmens ist somit eine rechteckige bzw. quadratische Insel 6 ausgebildet.

Auf der Bodenfläche 7 der Vertiefung 5 ist eine leitfähige Schicht aufgebracht, die einen leitfähigen Rahmen 8 um die Insel 6 bildet. Der leitfähige Rahmen 8 besteht beispielsweise aus Aluminium oder aus einer Aluminium-Basislegierung. Denkbar ist auch, daß im Falle der Verwendung einer Trägerplatte aus einem Halbleitermaterial in der Vertiefung 5 mittels geeigneter Dotierung ein leitfähiger Rahmen ausgebildet ist. Zur Herstellung eines derartigen durch Dotierung der Trägerplatte erzeugten leitfähigen Rahmens können die dem durchschnittlichen Fachmann heute bekannten Verfahren, wie beispielsweise Ionenimplantation, verwendet werden.

Das Halbleiterbauelement 9 weist auf seiner Oberseite eine mittige Kontaktmetallisierung 13 und auf seiner Unterseite zwei seitliche Kontaktmetallisierungen 12 auf. Die Kontaktmetallisierungen 12 sind beispielsweise mittels Löten und/oder Kleben elektrisch leitend und mechanisch stabil mit dem leitfähigen Rahmen 8 verbunden und derart ausgebildet, daß das Halbleiterbauelement mit seiner Strahleneintrittsfläche bzw. -eintrittsfläche 10 auf der Insel 6 aufsteht.

Die Strahleneintrittsfläche 10 eines Strahlung aussendenden Halbleiterbauelements 9 ist die Fläche, durch die der größte Anteil der am pn-Übergang 11 des Halbleiterbauelements 9 erzeugten elektromagnetischen Strahlung aus dem Halbleiterbauelement austritt. Analog dazu ist die Strahleneintrittsfläche eines Strahlung empfangenden Halbleiterbauelements diejenige Fläche, durch die eine empfangene elektromagnetische Strahlung in das Halbleiterbauelement eintritt.

Da der leitfähige Rahmen 8 auch als Stromzuführung zum Halbleiterbauelement 9 benutzt wird, ist zum Zwecke der externen Kontaktierung auf der Oberseite der Trägerplatte 1 eine Anschlußfläche 14, beispielsweise ein Bond-Pad, aufgebracht. Die Anschlußfläche 14 ist über eine elektrisch leitende Verbindungsschicht 15 mit dem leitfähigen Rahmen 8 verbunden. Die Anschlußfläche 14 und die Verbindungsschicht 15 bestehen vorteilhafterweise aus demselben Material wie der leitfähige Rahmen 8.

Im Falle eines Strahlung aussendenden Halbleiterbauelements 9, beispielsweise einer LED, wird die im pn-Übergang 11 des Halbleiterbauelements 9 erzeugte Strahlung 16 nach Austritt aus dem Halbleiterkörper des Halbleiterbauelements 9 und Durchtritt durch die

Trägerplatte 1 an der Sammellinse 3 fokussiert. Dadurch ist gewährleistet, daß ein Großteil der im Halbleiterbauelement 9 erzeugten Strahlung beispielsweise in eine Lichtleitfaser 17 eingekoppelt werden kann.

Die Dicke der Trägerplatte 1 hängt von den Linsenparametern (z. B. Brennweite) der Sammellinse 3 und der gewünschten Abbildung (Vergrößerung oder Verkleinerung) des Leuchtflecks auf die Lichtleitfaser ab. Analoges gilt im Falle der Auskoppelung einer Strahlung aus einer Lichtleitfaser 17 in ein Strahlung empfangendes Halbleiterbauelement 9.

Ein bedeutender Vorteil des in Fig. 1a gezeigten Ausführungsbeispiels besteht unter anderem darin, daß aufgrund des direkten Angrenzens (physikalischer Kontakt; darunter ist ein Abstand Halbleiterkörper/Trägerplatte $\leq \lambda/10$ zu verstehen) der Strahlungsausstrittsfläche bzw. -eintrittsfläche 10 des Halbleiterbauelements 9 an die Trägerplatte 1 wesentlich geringere Reflexionsverluste auftreten als bei dem bekannten Wandler nach Fig. 5. Aufgrund der stark unterschiedlichen Brechungsindizes von Luft und Halbleitermaterial ist dort nämlich für den Übergang der Strahlung von Luft ins Halbleitermaterial der Grenzwinkel der Totalreflexion vergleichsweise gering und folglich der Strahlungsverlust durch Totalreflexion sehr groß.

Der in Fig. 1a gezeigte optoelektronische Wandler mit Koppeloptik ist beispielsweise in ein Gehäuse eingebaut, das aufweist, eine Grundplatte 18 mit einer Öffnung 19, eine Gehäuseseitenwand 20, externe elektrische Anschlüsse 21, 22, Anschlußdrähte 23, 24 und eine Kunststoffumhüllung 25 zur hermetischen Abdichtung des Wandlers. Anstelle der Kunststoffumhüllung 25 kann zur hermetischen Abdichtung des Gehäuses auch ein Gehäusedeckel verwendet sein, der auf der Gehäuseseitenwand 20 aufgeklebt oder -gelötet ist. Der optoelektronische Wandler ist mittels einer Befestigungs- und Abdichtschicht 26, beispielsweise bestehend aus Klebstoff und/oder Lot auf der Grundplatte 18 befestigt, derart, daß die Linse 3 über oder in der Öffnung 19 zu liegen kommt. Die Kontaktmetallisierung 13 und die Anschlußfläche 14 ist mittels der Anschlußdrähte 23, 24 mit den externen elektrischen Anschlüssen 21, 22 verbunden. Die externen elektrischen Anschlüsse 21, 22 sind durch die Seitenwand 20 nach außen geführt.

Das in Fig. 2 gezeigte zweite Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen optoelektronischen Wandlers mit Koppeloptik ist im Prinzip identisch dem ersten Ausführungsbeispiel nach Fig. 1a. Anstelle einer Linse 3 mit sphärischer Oberfläche weist hier die Trägerplatte 1 zur Fokussierung der Strahlung ein diffraktives optisches Element 27 auf, das im weiteren kurz mit DOE bezeichnet ist. Im weiteren besitzt die Trägerplatte 1, anders als beim ersten Ausführungsbeispiel, eine ebene Oberseite 4, auf der ein leitfähiger Rahmen 8 aufgebracht ist. An den leitfähigen Rahmen 8 grenzt auf einer Seite eine elektrische Anschlußfläche 14 an. Auf dem Rahmen ist das Halbleiterbauelement 9, beispielsweise eine Leuchtdiode, eine Fotodiode oder ein Vertical Cavity Surface Emitter Laser (VCSEL), befestigt, derart, daß die Strahlenaustritts- bzw. -Eintrittsfläche und die von dem Rahmen 20 eingeschlossene Fläche übereinander angeordnet sind, und daß die Kontaktmetallisierungen 12 des Halbleiterbauelements 9 auf dem elektrisch leitenden Rahmen 8 sitzen. Die Kontaktmetallisierungen 12 sind beispielsweise mittels Lot und/oder Klebstoff elektrisch leitend und mechanisch stabil mit der Metallschicht 8 verbunden.

zwischen dem Halbleiterbauelement 9 und der Trägerplatte ein Luftspalt ausgebildet. Dieser Luftspalt kann, wie weiter oben bereits erwähnt, im Falle eines großen Unterschieds zwischen den Brechungsindizes von Luft und Trägerplattenmaterial erhebliche Strahlungsverluste durch Totalreflexion verursachen. Gegebenenfalls muß daher das Halbleiterbauelement 9 oder, wie in Fig. 1a gezeigt, die Oberseite der Trägerplatte 1 derart gestaltet sein, daß die Strahlenaustrittsfläche bzw. -eintrittsfläche 10 des Halbleiterbauelements 9 auf der Trägerplatte 1 aufsitzt. Statt dessen kann jedoch auch ein geeignetes Koppelmedium zwischen dem Halbleiterbauelement und der Trägerplatte 1 eingebracht sein.

Das in Fig. 3 gezeigte dritte Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen optoelektronischen Wandlers unterscheidet sich von den beiden vorangehenden Ausführungsbeispielen im wesentlichen dadurch, daß das Mittel zur Fokussierung nicht in der Trägerplatte 1 ausgebildet ist, sondern daß eine vorgefertigte Linse 28 auf der Trägerplatte 1 befestigt ist. Anstelle der vorgefertigten Linse 28 kann in einem vierten Ausführungsbeispiel auch ein vorgefertigtes diffraktives optisches Element auf der Unterseite 2 der Trägerplatte 1 befestigt sein.

Denkbar ist auch die Verwendung eines holographischen optischen Elements oder einer Fresnellinse anstelle der sphärischen Linse 28 bzw. des DOE. Weiterhin ist auch denkbar, das Mittel zur Fokussierung der Strahlung und das Halbleiterbauelement 9 auf derselben Seite der Trägerplatte anzuordnen.

Zum gleichzeitigen Herstellen einer Mehrzahl von optoelektronischen Wandlern nach Fig. 1a wird, wie in Fig. 4 gezeigt, zunächst auf der Unterseite 29 einer Substratscheibe 30 entsprechend einem vorgegebenen Raster eine Mehrzahl von Linsen 3 mit sphärischer Oberfläche hergestellt. Die Substratscheibe 30 ist beispielsweise aus Glas oder aus Silizium, und die Linsen 3 werden beispielsweise mittels Ätzen und/oder Schleifen hergestellt. Anschließend werden auf der Oberseite 31 der Substratscheibe 30 entsprechend dem vorgegebenen Raster beispielsweise mittels Ätzen und/oder Schleifen eine Mehrzahl von Vertiefungen 5 ausgebildet. Als nächster Schritt wird entsprechend dem vorgegebenen Raster beispielsweise mittels Aufdampfen oder Sputtern gleichzeitig eine Mehrzahl von leitfähigen Rahmen 8, eine Mehrzahl von Verbindungsschichten 15 und eine Mehrzahl von Anschlußflächen 14 in die Vertiefungen 5 bzw. auf die Oberseite 31 der Substratscheibe 30 aufgebracht. Im Anschluß daran wird entsprechend dem vorgegebenen Raster eine Mehrzahl von Strahlung aussendenden und/oder empfangenden Halbleiterbauelementen befestigt. Dies erfolgt beispielsweise mittels Löten und/oder Kleben der Kontaktmetallisierungen 12 auf die leitfähigen Rahmen 8. Als nächster Schritt wird die Halbleiterscheibe beispielsweise mittels Sägen oder Ritzen und Brechen in einzelne optoelektronische Wandler vereinzelt.

Die Technik der Vereinzelung einer Substratscheibe in kleine Chips ist in der Halbleitertechnik seit langem üblich und kann bei der Vereinzelung des Verbundes aus Substratscheibe 30 und der Mehrzahl von Halbleiterbauelementen 9 und Linsen 3 ebenfalls angewandt werden. Hierbei ist es üblich, den Verbund vor dem Vereinzeln auf einer elastischen Klebefolie zu fixieren. Die Folie dient dann als Träger bei allen Nachfolgeprozessen.

Ein Verfahren zur Herstellung einer Mehrzahl von optoelektronischen Wandlern gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel weist im wesentlichen dieselben

Schritte auf wie das oben beschriebene Verfahren. Es wird lediglich anstelle der Linsen 3 eine Mehrzahl von diffraktiven optischen Elementen 27 an der Unterseite 30 der Substratscheibe 30 ausgebildet.

Ein Verfahren zur Herstellung einer Mehrzahl von optoelektronischen Wandlern gemäß dem dritten und dem vierten Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von den oben genannten Verfahren dadurch, daß zunächst auf der Oberseite 31 einer Substratscheibe 30 entsprechend dem vorgegebenen Raster eine Mehrzahl von leitfähigen Rahmen 8 und Anschlußflächen 14 aufgebracht wird. Anschließend wird auf die Unterseite 29 der Substratscheibe 30 entsprechend dem vorgegebenen Raster eine Mehrzahl von vorgefertigten Linsen 28 oder diffraktiven optischen Elementen beispielsweise mittels Löten und/oder Kleben aufgebracht.

Denkbar ist auch ein Verfahren, bei dem auf einer ersten Substratscheibe 30 entsprechend dem vorgegebenen Raster eine Mehrzahl von leitfähigen Rahmen 8 und Anschlußflächen 14 aufgebracht wird und auf einer zweiten Substratscheibe eine Mehrzahl von Linsen 3, 28 mit sphärischer Oberfläche oder eine Mehrzahl von diffraktiven optischen Elementen 27 ausgebildet oder aufgebracht wird. Die beiden Substratscheiben werden anschließend mittels Löten und/oder Kleben miteinander verbunden, derart, daß ihre ebenen Seiten aufeinander liegen. Die weiteren Verfahrensschritte sind dieselben wie bei den oben beschriebenen Verfahren.

Bestehen die vorgefertigten Linsen 28 oder die vorgefertigten DOE bzw. die zweite Substratscheibe aus Glas und die Substratscheibe 30 bzw. die erste Substratscheibe aus Silizium oder umgekehrt, so können diese beiden Komponenten beispielsweise auch durch anodisches Bonden miteinander verbunden werden. Bei dieser bekannten Technik werden die zu verbindenden Flächen aufeinandergelegt, auf beispielsweise 450°C aufgeheizt, und eine Spannung von etwa -1000 V an das Glas angelegt.

Von Vorteil für die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele drei und vier ist auch, wenn die vorgefertigten Linsen 28 bzw. die vorgefertigten DOE aus einem Material bestehen, das einen ähnlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie das Material der Substratscheibe 30 aufweist. Dadurch kann die Entstehung von mechanischen Spannungen bei der Herstellung sowie im Betrieb der optoelektronischen Wandler vermindert werden.

Patentansprüche

1. Optoelektronischer Wandler mit einem Strahlung aussendenden und/oder empfangenden Halbleiterbauelement (9), einer Trägerplatte (1) und einem Mittel (3, 27, 28) zur Fokussierung einer von dem Halbleiterbauelement (9) ausgesandten bzw. empfangenen Strahlung, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerplatte (1) aus einem Material besteht, das für die Strahlung durchlässig ist, daß das Halbleiterbauelement (9) auf der Trägerplatte (1) derart befestigt ist, daß die Strahlenaustritts- bzw. -eintrittsfläche (10) des Halbleiterbauelements (9) der Trägerplatte (1) zugewandt ist und daß das Mittel (3, 27) zur Fokussierung der Strahlung auf der Trägerplatte (1) angeordnet ist.
2. Optoelektronischer Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel (3, 27) zur Fokussierung der Strahlung Teil der Trägerplatte (1) ist.

3. Optoelektronischer Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel (28) zur Fokussierung der Strahlung auf die Trägerplatte (1) aufgebracht und mit ihr verbunden ist.

4. Optoelektronischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel zur Fokussierung der Strahlung eine Sammellinse (3, 28) ist.

5. Optoelektronischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel zur Fokussierung der Strahlung ein diffraktives optisches Element (27) ist.

6. Optoelektronischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel (3, 27, 28) zur Fokussierung der Strahlung und das Halbleiterbauelement (9) auf gegenüberliegenden Seiten der Trägerplatte (1) angeordnet sind.

7. Optoelektronischer Wandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlenaustrittsfläche bzw. die Strahleneintrittsfläche (10) des Halbleiterbauelements (9) auf der Trägerplatte (1) aufsitzt.

8. Verfahren zur Herstellung einer Mehrzahl von optoelektronischen Wandlern nach einem der Ansprüche 2 oder 4 bis 7, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

- a) Ausbilden einer Mehrzahl von Mitteln (3, 27) zur Fokussierung der Strahlung auf einer Substratscheibe (30) entsprechend einem definierten Raster;
- b) Befestigen einer Mehrzahl von Halbleiterbauelementen (9) auf der Substratscheibe (30) entsprechend dem definierten Raster;
- c) Vereinzeln der Substratscheibe (30) entsprechend dem definierten Raster.

9. Verfahren zur Herstellung einer Mehrzahl von optoelektronischen Wandlern nach einem der Ansprüche 3 bis 7, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

- a) Aufbringen einer Mehrzahl von Mitteln (28) zur Fokussierung der Strahlung auf einer Substratscheibe (30) entsprechend einem definierten Raster;
- b) Befestigen einer Mehrzahl von Halbleiterbauelementen (9) auf der Substratscheibe (30) entsprechend dem definierten Raster;
- c) Vereinzeln der Substratscheibe (30) entsprechend dem definierten Raster.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

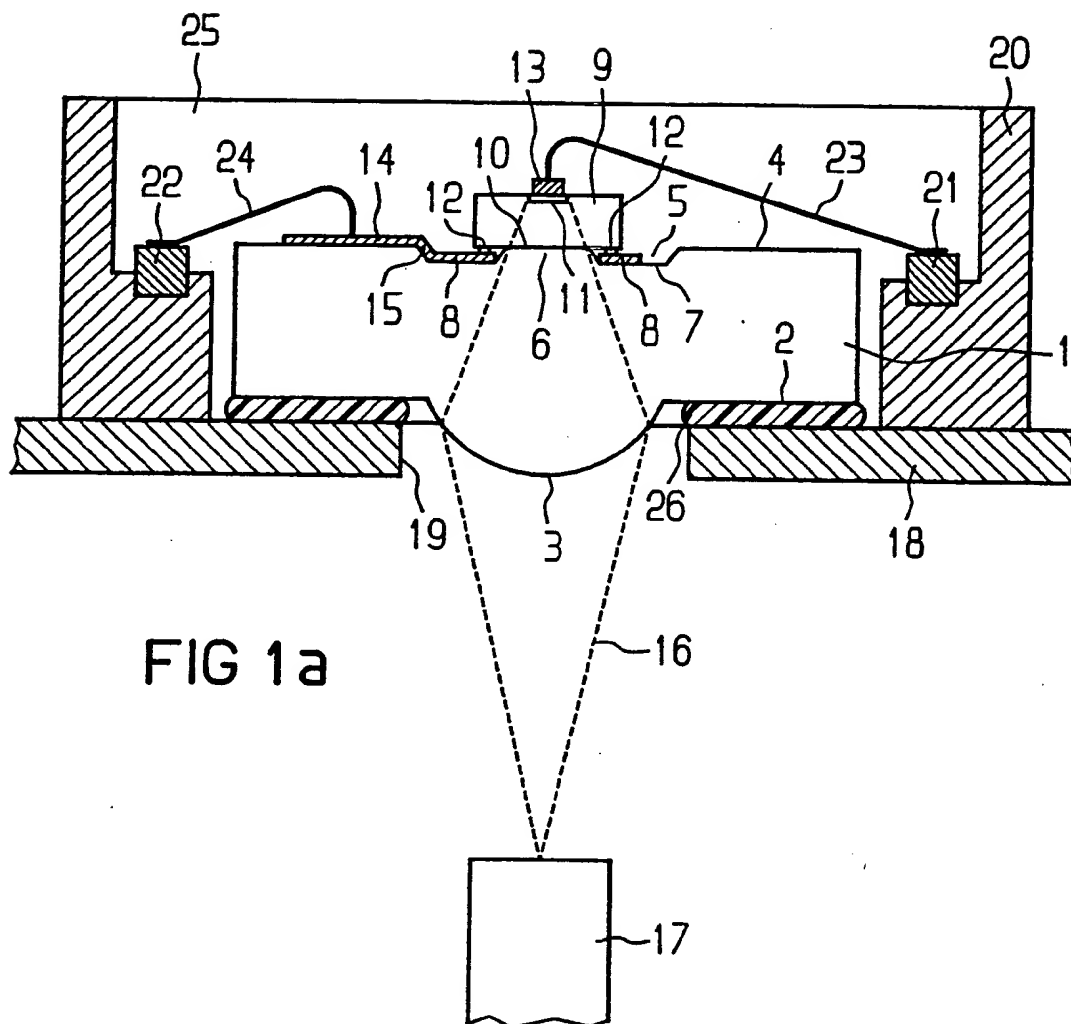
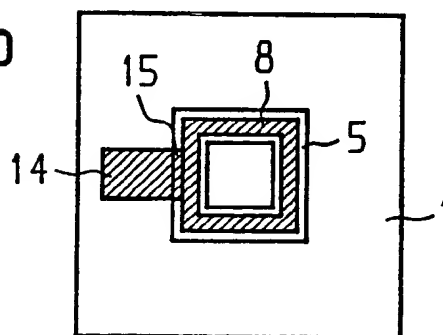


FIG 1b



- Leerseite -

FIG 2

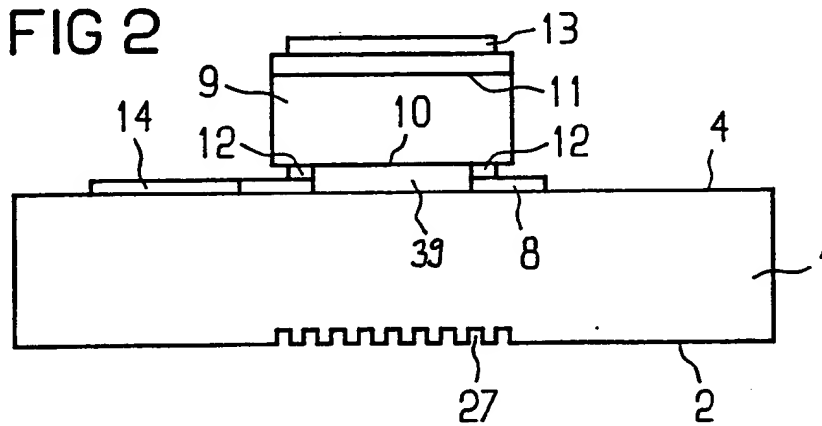


FIG 3

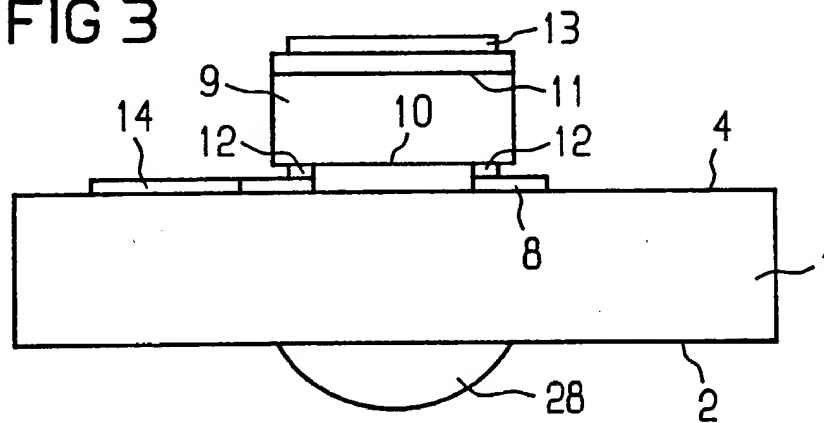


FIG 5

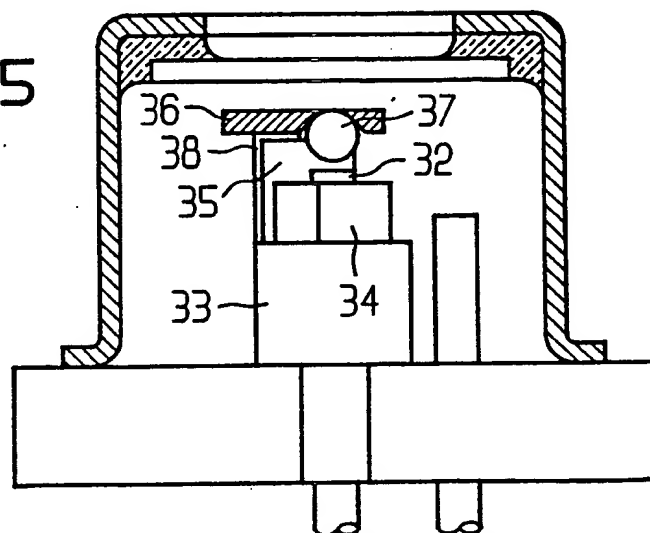


FIG 4

